

**Conduite souple armée.** (Invention : Jean BERNE.)

INSTITUT FRANÇAIS DU PÉTROLE. DES CARBURANTS ET LUBRIFIANTS résidant en France (Seine-et-Oise).

**Demandé le 22 janvier 1963, à 10<sup>h</sup> 15<sup>m</sup>, par poste.**

Délivré par arrêté du 11 octobre 1965.

(Bulletin officiel de la Propriété industrielle, n° 47 de 1965.)

(Brevet d'invention dont la délivrance a été ajournée en exécution de l'article 11, § 7, de la loi du 5 juillet 1844 modifiée par la loi du 7 avril 1902.)

La présente invention a pour objet une conduite souple pouvant supporter de fortes contraintes de traction et de fortes pressions intérieures mais pouvant s'aplatir sans détérioration sous l'effet d'un effort de compression résultant d'un excès de pression extérieure par rapport à la pression intérieure.

Une telle conduite comprend essentiellement :

1° Une armature de résistance à la pression intérieure qui ne doit ni s'allonger ni se rétrécir sous l'effet de cette pression, cette armature étant formée d'enroulements entrecroisés de fils d'acier dont l'angle d'enroulement par rapport à l'axe de la conduite doit être compris entre 55 et 60°, sa valeur exacte devant être choisie en fonction des autres caractéristiques de la conduite (épaisseur et diamètre ;

2° Des armatures de résistance à la traction constituées par un ou plusieurs fils, câbles ou torons disposés parallèlement à l'axe de la conduite.

La réalisation d'une conduite répondant à ces conditions d'utilisation présentait jusqu'à présent de nombreuses difficultés et notamment celles résultant de l'allongement ou du rétrécissement des armatures de résistance à la pression qui excède toujours les variations correspondantes des armatures longitudinales de résistance à la traction, d'où il résulte une déformation de la conduite et/ou une désolidarisation des armatures longitudinales.

Or il est de nombreux domaines d'application dans lesquels les conduites souples doivent pouvoir véhiculer des fluides sous pressions élevées et simultanément supporter de fortes contraintes de traction, ce qui est notamment le cas de leur utilisation comme oléoduc ou gazéoduc sous-marin associé à des flotteurs, de surface ou immergés, échelonnés sur la longueur de la conduite.

Pour ce type d'utilisation, on a déjà envisagé l'emploi de conduites résistant à la fois à de

fortes pressions intérieures et à des efforts de compression élevés. En effet une telle conduite doit pouvoir résister à l'écrasement du fait des fortes pressions hydrostatiques auxquelles elle est soumise lorsque la pression intérieure dans la conduite est faible, ce qui nécessite des armatures très résistantes.

La présente invention permet de remédier à cet inconvénient par la réalisation d'une conduite qui réside aux fortes pressions intérieures et peut s'aplatir sans déformation permanente lorsque la pression extérieure vient à excéder la pression interne. Grâce à ces caractéristiques de la conduite selon l'invention, il devient très facile d'effectuer les opérations de pose d'une canalisation sous-marine constituée par une telle conduite et, en cours de fonctionnement d'une telle canalisation, une chute accidentelle de pression du fluide transporté dans la conduite ne risque pas d'entraîner la détérioration de celle-ci.

Les conduites selon l'invention seront décrites en se référant aux formes d'exécution illustrées par les dessins annexés où :

Les figures 1 et 1A représentent une conduite à deux armatures longitudinales, respectivement sous pression intérieure et aplatie suivant la ligne de jonction des deux armatures par écartement de celles-ci ;

Les figures 2 et 2A représentent une conduite analogue à celle de la figure 1 mais conçue de manière à s'aplatir par rapprochement des deux armatures ; et

Les figures 3 et 3A représentent une conduite comportant trois armatures longitudinales conçue de manière qu'en s'aplatissant une des armatures se rapproche des deux autres.

L'invention sera décrite plus en détail en se référant à la figure 1, à moins d'indication contraire.

La conduite selon l'invention comprend une

âme en caoutchouc ou matière plastique 1 ayant de préférence un module d'Young relativement faible.

Selon une modalité préférée de l'invention, illustrée aux différentes figures des dessins annexés, cette âme ou noyau intérieur de la conduite comporte deux encoches longitudinales diamétralement opposées 2 et 3 facilitant le pliage de la conduite selon les génératrices de ces encoches et réduisant considérablement les contraintes de compression au voisinage des génératrices de pliage. L'existence de ces encoches longitudinales permet notamment d'utiliser pour le noyau intérieur de la conduite des matériaux ayant un module d'Young plus élevé que celui qui aurait été nécessaire en l'absence de telles encoches. Il en résulte notamment une assez large possibilité d'utilisation des matières plastiques.

Ces encoches sont formées directement lors de la fabrication de l'âme de la conduite par extrusion (boudinage). Leur profondeur sera de préférence inférieure à la moitié de l'épaisseur de l'âme. Cependant des encoches même de très faible profondeur permettent une réduction très sensible des contraintes de compression.

Lors de l'écrasement de la conduite, l'âme s'aplatit comme le montre la figure 1A, ses bords intérieurs devenant jointifs. Pour qu'il n'y ait pas de déformation permanente il faut que le matériau constituant l'âme de la conduite résiste au pliage. En pratiqué le caoutchouc répond bien à ces exigences, ainsi que certaines matières plastiques.

Cette âme 1 est recouverte par une armature 4 constituée par deux nappes de frettage de fils ou torons métalliques de pas inverse, ayant chacune avec l'axe de la conduite un angle d'inclinaison  $\alpha$  dont la valeur est choisie sensiblement égale à celle qui correspond à l'égalité :  $\operatorname{tg} \alpha = \sqrt{2(1 + \frac{e}{R})}$ , où  $e$  représente l'épaisseur de conduite comprise entre la paroi interne de l'âme de la conduite et la nappe de frettage extérieure et  $R$  le rayon moyen des nappes de frettage,  $e$  et  $R$  étant exprimés par exemple en centimètres.

Ces deux nappes formant l'armature peuvent être soit disposées l'une sur l'autre, soit entrecroisées.

On choisira l'épaisseur  $e$  de l'âme de la conduite de manière que le taux de travail des fils de l'armature soit inférieur à leur limite élastique lorsque la conduite s'aplatit. Ce taux de

travail est fonction du rapport  $\frac{r}{e}$  du rayon  $r$

des fils de l'armature à leur rayon de courbure  $e$  (en position aplatie) lequel doit en pratique ne pas être inférieur à 240 et sera choisi, par exemple, de l'ordre de 300 ou davantage.

Il paraît donc plus avantageux d'utiliser des armatures formées de fils de faible diamètre, sous forme de tresses ou de préférence sous forme de torons comprenant un nombre assez élevé de fils unitaires (en pratique des torons de 13 ou 19 fils d'acier de 0,2 mm de diamètre par exemple peuvent être utilisés dans de nombreux cas).

L'application de la formule ci-dessus montre que pour une variation de 2/100 à 35/100 du rapport  $e/R$ , l'angle  $\alpha$  d'inclinaison des nappes de frettage varie entre 55 et 59°.

On devra dans toute la mesure du possible réaliser un câblage des nappes de frettage d'une inclinaison égale ou au moins très voisine de celle donnée par la formule.

En pratique cependant il peut être assez difficile de réaliser cette inclinaison avec exactitude. On peut toutefois considérer qu'une erreur d'un degré sur l'angle d'inclinaison des nappes reste admissible plus particulièrement s'il s'agit d'une erreur par excès conduisant à une tendance au raccourcissement de la conduite (de l'ordre de 1 %).

Il est d'ailleurs possible de réduire considérablement l'effet d'une erreur d'inclinaison des nappes en prenant la précaution de soumettre la conduite à sa pression de service avant de poser les armatures de résistance à la traction 6 et 7. La conduite ainsi soumise à la pression interne subit alors les déformations résultant de l'erreur d'inclinaison et prend son profil d'équilibre avant que ne soient posées les armatures longitudinales de résistance à la traction.

En effet si l'angle d'inclinaison des nappes est légèrement supérieur à la valeur théorique d'équilibre donnée par la formule ci-dessus, la conduite a tendance sous l'effet de la pression intérieure à s'allonger jusqu'à ce que, du fait de cet allongement, l'angle d'inclinaison tende vers sa valeur théorique d'équilibre. Inversement si l'angle d'inclinaison est légèrement inférieur à sa valeur théorique d'équilibre, la conduite a tendance à se raccourcir et par suite, l'angle d'inclinaison augmente pour atteindre sa valeur d'équilibre.

La déformation de la conduite ayant ramené celle-ci dans des conditions telles que de nouvelles déformations ne peuvent plus se produire de façon appréciable on peut procéder au revêtement par la gaine extérieure 5 et à la fixation des armures longitudinales 6 et 7 par vulcanisation ou collage. Ces dernières n'ont plus alors à subir de contraintes du fait des armatures de résistance à la pression durant l'utilisation de la conduite.

Suivant le mode de réalisation de la conduite illustrée à la figure 1, les encoches longitudinales 2 et 3 se trouvent en alignement avec les armatures longitudinales 6 et 7. Une telle disposition présente l'avantage de faciliter l'enroulement de la conduite une fois aplatie (position de la fig.

1A), par exemple sur un touret. Toutefois les contraintes nécessaires pour déformer la matière souple 8 de raccordement des armatures longitudinales s'ajoutent alors aux contraintes normales d'aplatissement de la conduite. Il est alors nécessaire de prévoir des encoches longitudinales plus profondes pour obliger la conduite à se plier suivant la direction des armatures longitudinales.

Afin d'éviter cet inconvénient on pourra adopter un mode d'exécution du type de celui illustré aux figures 2 et 2A, suivant lequel le plan contenant les génératrices des encoches longitudinales est distinct du plan passant par les armatures et par exemple perpendiculaire à celui-ci (cas de la fig. 2).

Dans ce cas, la matière souple 8 de raccordement des armatures longitudinales 6 et 7 couvrira de préférence un secteur assez large de la conduite de manière à accroître la rigidité de la conduite sauf suivant le plan de pliage prévu, c'est-à-dire le plan des deux génératrices des encoches.

La conduite se pliera alors obligatoirement suivant les génératrices des encoches et l'on pourra, conformément aux figures 2 et 2A, donner par exemple à la matière souple 8 de raccordement des armatures longitudinales une forme telle qu'une fois aplatie (fig. 2A) la conduite ait une section droite sensiblement en forme d'ellipse aplatie, ce qui permet de faciliter son enroulement sur un touret.

Un autre mode de réalisation représenté aux figures 3 et 3A illustre le cas d'une conduite comportant trois armatures longitudinales. Dans un tel cas le diamètre D passant par les encoches 2 et 3 pourra être choisi par exemple parallèle à la droite A d'alignement de deux 11 et 12 des trois armatures (fig. 3) de manière qu'en position pliée l'armature restante 10 se trouve dans le prolongement de l'espace libre E formé entre les armatures 11 et 12.

Une telle disposition est de nature à faciliter l'enroulement de la conduite sur elle-même, la proéminence formée par l'armature 10 venant se loger dans l'espace E formé par un enroulement précédent de la conduite sur un touret par exemple, un tel touret comportant de préférence dans son fût un évidement hélicoïdal destiné à recevoir la proéminence formée par l'armature 10.

#### RÉSUMÉ

La présente invention a pour objet une conduite souple armée caractérisée par les points suivants pris séparément ou en combinaison :

1° La conduite comprend une armature de

résistance à la pression formée de deux nappes de fretage de pas inverses constituées de tresses ou de préférence de torons métalliques enroulés autour de l'âme de la conduite avec une inclinaison par rapport à l'axe de celle-ci comprise entre 55 et 60° et qui est la même pour les deux nappes;

2° L'inclinaison des nappes est choisie de préférence sensiblement égale à l'angle  $\alpha$  pour lequel :

$$\operatorname{tg} \alpha = \sqrt{2 \left( 1 + \frac{e}{R} \right)},$$

où  $e$  représente l'épaisseur de conduite comprise entre la paroi interne de l'âme de la conduite et la nappe de fretage extérieure et  $R$  le rayon moyen des nappes de fretage;

3° La conduite comprend des armatures longitudinales, parallèles à son axe, solidaires d'une gaine extérieure de matière souple recouvrant l'armature de résistance à la pression;

4° Les armatures longitudinales et la gaine extérieure sont mises en place lorsque la conduite est sous pression intérieure;

5° L'âme de la conduite comporte intérieurement deux encoches longitudinales selon des génératrices diamétralement opposées, la profondeur de ces encoches étant de préférence inférieure à la moitié de l'épaisseur de ladite âme;

6° La conduite comporte deux armatures longitudinales diamétralement opposées par rapport à son axe et les encoches sont en alignement avec ces armatures;

7° La conduite comporte deux armatures longitudinales diamétralement opposées par rapport à son axe et les encoches sont disposées suivant une direction différente de la droite reliant les armatures et de préférence selon une direction perpendiculaire à cette droite;

8° La matière souple de raccordement des armatures à la gaine extérieure de la conduite couvre un large secteur de celle-ci et a de préférence une forme telle qu'une fois la conduite aplatie la section droite de celle-ci affecte sensiblement la forme d'une ellipse aplatie;

9° La conduite comporte trois armatures longitudinales de préférence régulièrement réparties sur sa périphérie (à 120° l'une de l'autre par rapport à l'axe de la conduite) et les encoches sont disposées suivant une direction parallèle à la droite reliant deux des armatures.

INSTITUT FRANÇAIS DU PÉTROLE,  
DES CARBURANTS ET LUBRIFIANTS

Par procuration :

J. FISCHER

N° 1.417.987

Institut Français  
du Pétrole, des Carburants et Lubrifiants

3 planches. - Pl. I

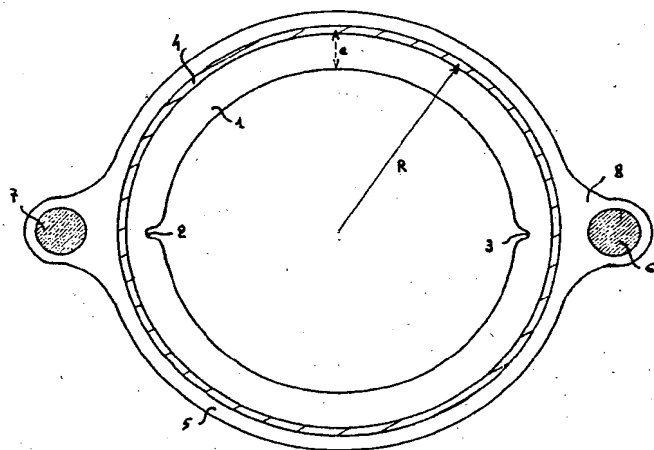


Fig 1

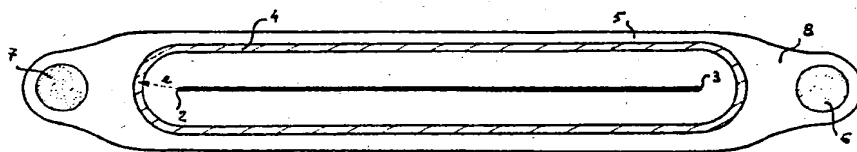


Fig 1A

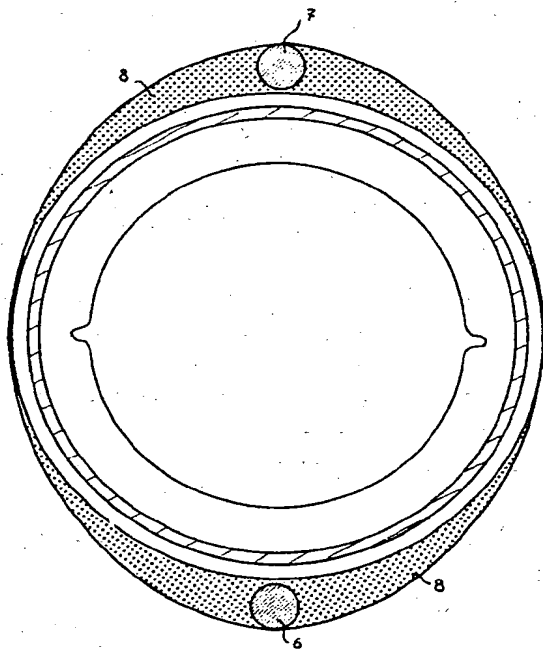


Fig 2

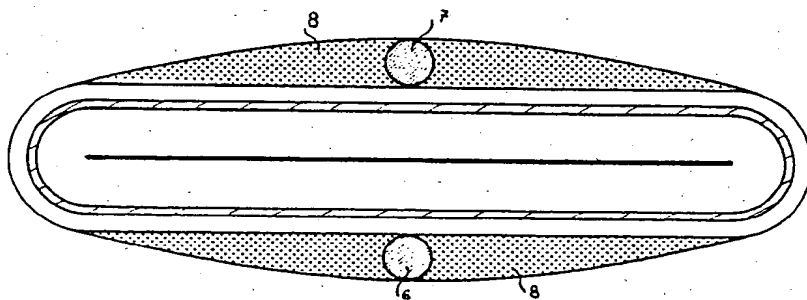


Fig 2A

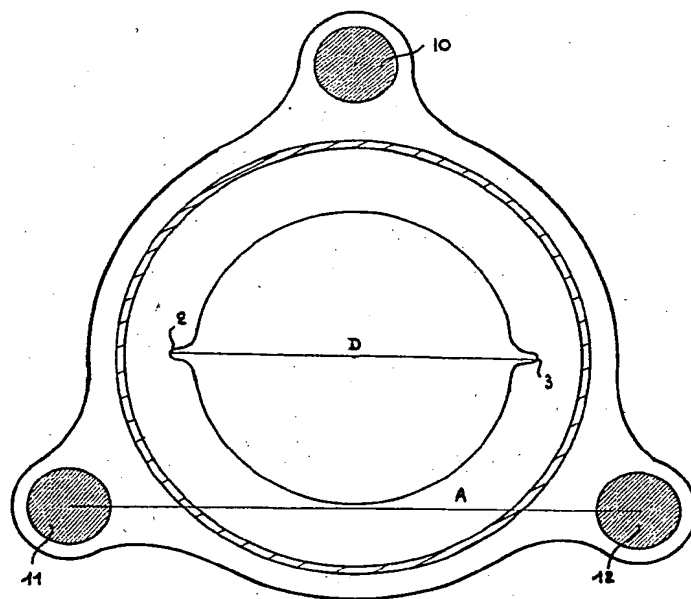


Fig 3

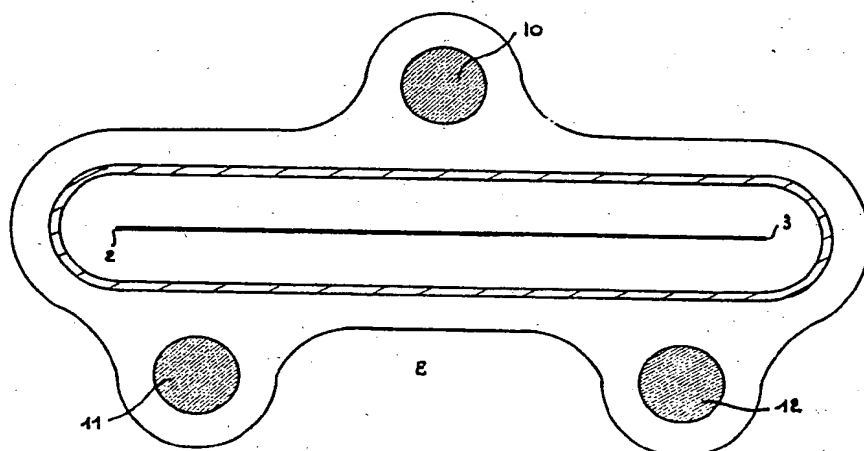


Fig 3A